

УДК 620.179.1(045)

¹М.В. Карусевич, канд. техн. наук²О.Б. Кириленко, канд. техн. наук³О.Ю. Корчук⁴О.В. Пантелєв

ВПЛИВ ДЕЗАКТИВУВАЛЬНИХ ОБРОБОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ТА ВТОМИ СТАЛІ 08КП І АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ Д16АТ

^{1,2,3}Кафедра конструцій літальних апаратів, НАУ, e-mail: vbif@i.com.ua⁴Товариство з обмеженою відповідальністю “УкрАвтоЗАЗСервіс”

Подано результати дослідження впливу дезактивувальних обробок на ресурсні характеристики конструкторських матеріалів. Показано, що дезактивувальні матеріали на основі водних розчинів полівінілового спирту можуть чинити вплив на корозійну стійкість і втому виробів зі сталі та алюмінієвих сплавів. Одержані результати вказують на необхідність контролю як за критеріями ефективності дезактивації, так і в зв'язку з можливим негативним впливом на ресурсні характеристики.

Вступ

Роботу зі створення і впровадження дезактивувальних сполук на основі водних розчинів полівінілового спирту провадять зі шестидесятих років.

Так, у 1963 р. у Великобританії було запатентовано сполуку для одержання дезактивувального покриття, основні компоненти якого – водний розчин [1]:

2–10%-ного полівінілового спирту (ПВС);

0,02%-ного карбонату натрію;

1–2%-ного гліцерину або етиленгліколю.

Суть методу полягає у використанні гідрофільних затверділих колоїдних розчинів, які після нанесення на забруднені поверхні утворюють еластичну плівку, яка легко знімається після висихання разом із фіксованими на ній активностями.

Сучасні плівкоутворювальні сполуки [1] на основі полівінілового спирту містять такі компоненти:

- матеріал, який формує плівку;
- розчинник;
- пластифікатор;
- поверхнево-активну речовину;
- кислоту;
- воду.

Співвідношення поверхнево-активної речовини і кислоти становить:

- полівінілового спирту 18–25%;
- гліцерину 3–5%;
- кислоти HNO_3 (HCl , H_3PO_4 , H_2CO_3) 2–5%.

Кислоти використовують як активні домішки.

Методи дезактивації вибирають зазвичай із позицій радіаційної безпеки, радіаційної гігієни та економічної доцільності.

Проте нанесені на забруднену радіонуклідами поверхню дезактивувальні матеріали утворюють середовище, яке може суттєво впливати на корозійні і втомні властивості оброблюваних металів.

Методика дослідження

Корозійне середовище може як прискорювати, так і уповільнювати розвиток утомних тріщин [2].

Прикладення навантажень полегшує процеси взаємодії металів із середовищем. Особливо сильно механохімічний ефект виявляється в процесі пластичної деформації, коли він значно збільшує хімічний потенціал унаслідок послаблення міжатомних зв'язків у місцях скупчення дислокацій, які розріджуються на поверхні і смугах ковзання. У результаті цього підсилюється розчинність металу.

Основні тенденції в зміні кінетики втомних тріщин у високо- і низьколегованих сталях аналогічні [2].

Зі зменшенням міцності сталей зниження їх циклічної тріщиностійкості під час дії корозійних середовищ послаблюється. Разом з тим низькоміцнісні нержавіючі сталі аустенітного класу виявляються більш чутливими до корозійних середовищ порівняно з низьколегованими сталями однакового рівня міцності.

Циклічна тріщиностійкість високолегованих сталей більшою мірою залежить від складу середовища.

Іони хлору різко збільшують швидкість руйнування аустенітних сталей.

Аналогічну дію чинить зниження рН розчину в той час, як лужне середовище сприяє вповільненню зростання тріщини.

Негативна дія корозійних середовищ на циклічну тріщиностійкість алюмінієвих сплавів також спостерігається досить часто.

Наявність хлор-іонів у корозійних середовищах інтенсифікує кінетику субкритичного зростання тріщин.

Вплив корозійних середовищ на припорогову циклічну тріщиностійкість сплавів Д16АТ і В95 має різний характер.

В області припорогових коефіцієнтів інтенсивності напружень спостерігається інверсія впливу корозійних середовищ на розвиток тріщини в сплаві В95. Тут швидкості зростання втомних тріщин нижчі, ніж на повітрі.

Корозійно-втомне зростання тріщин в алюмінієвих сплавах характеризується істотною температурною активацією.

Вплив температури випробувань залежить від рівня коефіцієнта інтенсивності напружень і найбільшою мірою виявляється за низьких його значень.

Досліджуючи корозійно-циклічну тріщиностійкість алюмінієвих сплавів, слід урахувати геометрію тріщин, їх розгалужування і затуплення.

Поліпшення обміну середовища в тріщині внаслідок циклічного навантаження має активувати анодне розчинення біля вершини тріщини і, тим самим, підсилювати її затуплення порівняно з корозійно-статичними тріщинами.

Гальмуванню зростання тріщин втоми у припороговій області навантаження сприяє клиновий ефект продуктів корозії.

Фрактографічні дослідження, рентгенівський аналіз і вимірювання закриття тріщин підтвердили, що гальмування зростання тріщин є результатом відкладання на берегах тріщини продуктів корозії, що знижують ефективний розмах коефіцієнта інтенсивності напружень.

Наведені результати оцінки впливу дезактивуальної сполуки ВРП-1 на корозійну стійкість і циклічну довговічність зразків зі сталі 0,8КП та алюмінієвого сплаву Д16АТ, що дали можливість розробити рекомендації щодо їх застосування з погляду можливого впливу на ресурсні характеристики конструкційних матеріалів.

Розглянуто такі варіанти дезактивувальних розчинів:

- базової сполуки;
- базової сполуки і соляної кислоти;
- базової сполуки й азотної кислоти;
- базової сполуки й ортофосфорної кислоти;
- базової сполуки і щавлевої кислоти.

Концентрація кислот становила 5 %. Усі ці варіанти сполук передбачені сучасною технологією виконання дезактивувальних робіт.

Стандарт [3] установлює кількісні показники корозійного пошкодження і допускає використання інших кількісних показників, що визначаються експлуатаційними вимогами.

У цій роботі поряд зі стандартними показниками кількість циклів до руйнування зразків була кількісною характеристикою їх корозійного пошкодження.

Зразки двох видів виготовлялися зі сталі 08КП і алюмінієвого сплаву Д16АТ:

– пластини розміром $40 \times 40 \times 1,0$ мм для оцінки площі корозійного пошкодження, визначення зменшення матеріалу і характеру пошкодження;

– плоскі компактні зразки розміром $140 \times 10 \times 1,0$ мм для корозійних і втомних випробувань.

У зразках для втомних випробувань симетричним консольним згином з метою локалізації втомного руйнування свердлили отвір діаметром 1 мм.

Для прискорення корозійних процесів у зразків зі сплаву Д16АТ методом хімічного травлення видаляли плакований шар.

Випробуванням непошкоджених зразків підбирали режими навантаження, за яких довговічність становила більше понад 100 000 циклів.

Максимальні циклічні напруження без урахування концентрації напружень під час випробування зразків зі сталі 0,8КП становили 220 МПа в зоні руйнування біля отвору.

Максимальні циклічні напруження під час випробування зразків сплаву Д16АТ становили 158,5 МПа в зоні руйнування біля отвору.

По закінченні п'яти діб після нанесення дезактивувальних сполук легко знімалися полімерні плівки, утворені сполуками, що містили кислоти HNO_3 , HCl , а також сполуками, що не містили кислоти.

Плівки, утворені сполукою, що містили H_3PO_4 , знімалися зі значним зусиллям, а сполукою, що містила H_2CO_3 , не знімалися вручну взагалі.

Ступінь корозійного пошкодження зразків зі сталі 0,8КП після п'яти діб корозійних випробувань зануренням у 3%-ний водний розчин NaCl оцінювали за площею поверхні, яка мала ознаки корозії, а також контролюючи зміни маси зразків під дією корозійного середовища.

У випадку дослідження зразків з алюмінієвих сплавів межі зон корозійного пошкодження не достатньо контрастні, тому оцінку пошкодження проводили, контролюючи зміну маси зразків під дією корозійного середовища.

Зразки розміром 40×40 мм оброблювали дезактивувальними сполуками, витримували протягом п'яти діб, а далі, після зняття полімерної плівки, утвореної дезактивувальними сполуками, випробовували зануренням у 3%-ний водний розчин хлористого натрію.

Масу зразків вимірювали після 30 і 130 діб випробувань.

Похибка вимірювань за допомогою ваг "Mettler AT-100" не перевищувала 0,0001 г.

Результати дослідження

В усіх випадках обробки зразків зі сталі 08КП дезактивувальними сполуками спостерігається зменшення маси в результаті корозійних випробувань.

Після 30 діб випробувань мінімальне корозійне пошкодження мають зразки, оброблені сполукою, яка не містить кислот (базова).

Після 130 діб випробувань відзначена тенденція зберігається з тією відмінністю, що корозійне пошкодження зразків, оброблених базовою сполукою, трохи менше пошкодження не оброблених зразків.

Наявність кислот у сполуках обумовлює істотне збільшення корозії сталевих зразків.

У разі оброблення дезактивувальними сполуками зразків сплаву Д16АТ результати 30 і 130 діб корозійних випробувань дозволяють зробити загальний висновок: обробка сполуками, які містять азотну, соляну і щавлеву кислоти зменшують імовірність розвитку корозії.

Рівень корозійного пошкодження необроблених зразків, а також оброблених базовою сполукою і сполукою, що містить ортофосфору кислоту, приблизно однаковий.

Обробка дезактивувальними сполуками в усіх випадках цієї серії випробувань зумовила зниження середньої кількості циклів до руйнування.

Аналіз результатів випробувань зразків зі сталі 08КП показав, що середня кількість циклів до руйнування мінімальна для зразків, оброблених дезактивувальними сполуками, що містять HCl і H_3PO_4 .

Мінімальний негативний вплив на характеристики втоми чинить базовий розчин, що не містить кислот.

За циклічного навантаження зразків зі сталі 08КП після корозійних випробувань значне зниження довговічності спостерігається у випадку обробки сполукою, яка містить соляну кислоту.

Мінімальна довговічність при цьому знижується на порядок, а середня кількість циклів до руйнування – не менше, ніж у два рази.

Результати даних наведено у табл. 1, 2.

Розглянуті результати експериментів дозволяють виконати попередню оцінку можливості застосування тих чи тих дезактивувальних обробок за критеріями їх впливу на корозійну стійкість і циклічну довговічність.

У процесі експлуатації конструкції підлягають одночасному впливу корозійного середовища і циклічно повторюваних механічних навантажень, що спричиняє значно більше їх пошкодження у разі, якщо вказані фактори діють ізольовано.

Розроблена методика, що застосовується на кафедрі конструкції літальних апаратів Національного авіаційного університету, дозволяє врахувати кумулятивний характер пошкодження в експлуатаційних умовах [4]. Методика передбачає двохетапне випробування конструктивних елементів. Прикладені навантаження на обох етапах мають бути однаковими, інакше, результати дослідження можуть бути істотно спотворені через виникнення ефектів зміцнення чи знеміцнення. На першому етапі випробування проводять на стенді, що дозволяє реалізувати низькочастотне навантаження (3–5 циклів за 1 хв) у середовищі тривідсоткового водного розчину NaCl.

Таблиця 1

Результати втомних випробувань зразків після обробки дезактивувальними сполуками

Дезактивувальний розчин	Середнє значення, тис. циклів	Стандартне відхилення
Сталь 08КП		
Без обробки	588,1	51,57
Базовий розчин	507,1	171,44
Базовий розчин + HNO_3	550,6	393,82
Базовий розчин + HCL	387,9	116,03
Базовий розчин + H_3PO_4	341,6	78,87
Базовий розчин + $H_2C_2O_2$	521,8	253,54
Алюмінієвий сплав Д16АТ		
Без обробки	475,3	123,4
Базовий розчин	744,5	219,4
Базовий розчин + HNO_3	454,2	131,0
Базовий розчин + HCL	431,8	238,6
Базовий розчин + H_3PO_4	516,2	166,0
Базовий розчин + $H_2C_2O_2$	506,2	226,4

Таблиця 2

Результати втомних випробувань зразків після обробки дезактивувальними сполуками і витримки в корозійному середовищі

Дезактивувальний розчин	Середнє значення, тис. циклів	Стандартне відхилення
Сталь 08КП		
Без обробки	88,0	36,54
Базовий розчин	75,1	35,99
Базовий розчин + HNO_3	80,7	40,84
Базовий розчин + HCL	29,3	31,08
Базовий розчин + H_3PO_4	93,4	78,18
Базовий розчин + $H_2C_2O_2$	95,3	58,18
Алюмінієвий сплав Д16АТ		
Без обробки	433,13	192,8
Базовий розчин	346,14	148,9
Базовий розчин + HNO_3	321,35	131,9
Базовий розчин + HCL	324,38	121,4
Базовий розчин + H_3PO_4	371,28	139,6
Базовий розчин + $H_2C_2O_2$	333,74	112,4

Після відпрацювання певної кількості циклів зразки знімають зі стенда для корозійно-втомних випробувань і встановлюють на гідропульсаційну машину МУП-20 для випробувань до повного руйнування за пульсуючого циклу навантаження. Кількісною характеристикою ступеня корозійного пошкодження на етапі корозійно-втомних випробувань є кількість циклів навантаження до повного руйнування зразків.

Для проведення корозійно-втомних випробувань доцільно використовувати зразки, що моделюють реальні з'єднання обшивки транспортного літака. Скорочення довготривалості втомних випробувань може бути досягнуто застосуванням методики ранньої діагностики накопиченого втомного пошкодження, що базується на можливості кількісної оцінки пошкодження за параметрами деформаційного рельєфу поверхні [5].

Висновок

Експериментально встановлено, що дезактивувальна обробка може викликати прискорення процесу корозії і втомного руйнування, а також підсилювати пошкоджувальну дію корозійного середовища за послідовного корозійного і сило-

вого впливу, що виявляється у відповідному зниженні циклічної довговічності. Таким чином, застосування дезактивувальних матеріалів має бути регламентоване як відповідно до їх дезактивувальної здатності, так і за критеріями впливу на ресурсні характеристики.

Література

1. Зимон А.Д. Дезактивация. – М.: Атомиздат, 1975. – 280 с.
2. Романов В.В. Влияние коррозионной среды на циклическую прочность металлов. – М.: Наука, 1969. – 219 с.
3. ГОСТ 9.908-85. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости. – Введ. 31.10.85.
4. Корчук О.Ю. Вплив кристалографічної орієнтації на процес деформаційного пошкодження // Наука і молодь: Зб. наук. пр. Приклад. сер. – К.: НАУ, 2004. – Вип. 4. – С. 27–30.
5. Моніторинг утоми конструкційних алюмінієвих сплавів / С.Р. Ігнатович, М.В. Карускевич, О.М. Карускевич та ін. // Вісн. НАУ. – №1. – 2004. – С. 88–92.

Стаття надійшла до редакції 25.04.05.

М.В. Карускевич, А.Б. Кириленко, Е.Ю. Корчук, А.В. Пантелеев

Влияние дезактивирующих обработок на характеристики коррозионной стойкости и усталости стали 08КП и алюминиевого сплава Д16АТ

Представлены результаты исследования влияния дезактивирующих обработок на ресурсные характеристики конструкционных материалов. Показано, что дезактивирующие материалы на основе водных растворов поливинилового спирта могут оказать влияние на коррозионную стойкость и усталость изделий из стали и алюминиевых сплавов. Полученные результаты указывают на необходимость их контроля как по критериям эффективности дезактивации, так и в связи с возможным негативным влиянием на ресурсные характеристики.

M.V. Karuskevich, O.B. Kirilenko, O.Yu. Korchuk, O.V. Pantelev

Influence of decontaminative treatment on resistance for corrosion and fatigue of steel 08KP and aluminium alloy D16AT

Investigation results of decontaminative treatment influence on service life characteristics of constructional materials are presented. It is shown, that based on water solution of polyvinyl spirit decontaminative materials may affect on corrosion stability and fatigue of details made of steel and aluminum alloys. Results obtained point out the necessity to test them both with criteria of decontamination efficiency and with regard to the probable negative influence on fatigue life.